

**INSA de Rouen**  
**Département Energétique et propulsion**  
**Enseignement Thermodynamique et Machines Thermiques (A. Coppalle)**

**Etude de la solubilité du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> et de l'air dans l'eau.**

Rappels :

- la fraction molaire  $x_i$  d'un constituant  $i$  est le rapport  $x_i = n_i/n_{tot}$  ou  $n_i$  est le nombre de moles du constituant  $i$  et  $n_{tot}$ , le nombre total de moles.
- Il y a 21% (fraction molaire) d'oxygène dans l'air
- La pression de l'air est  $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$

1) question de cours: *rappeler la loi de Henry reliant la fraction molaire d'un soluté à sa pression partielle dans la phase gaz.*

2) La constante de Henry pour O<sub>2</sub> dans l'eau est donné à 20°C dans le tableau ci-dessous.

*Quelle est la masse  $m_{O_2}$  d'O<sub>2</sub> qui est dissoute dans un litre d'eau à 20 °C ?.*

Pour le calcul de  $m_{O_2}$ , on supposera que cette masse est très faible devant celle de H<sub>2</sub>O dans le liquide.

rappel : masses molaires de O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O,  $M_{O_2} = 32 \cdot 10^{-3}$  et  $M_{H_2O} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$   
 1 litre d'eau = 1 Kg

3) Une limonade, qui sera assimilée à de l'eau, est mise sous pression dans une bouteille avec du CO<sub>2</sub> pur à 2 atm

*Quelle est la fraction molaire de CO<sub>2</sub> dissout dans 1 litre de limonade?*

*Calculer le nombre de mole correspondant, (Rappel : la masse volumique de l'eau est  $10^3 \text{ SI}$ )*

Pour ce calcul de  $n_{CO_2}$ , on supposera que la masse  $m_{CO_2}$  est très faible devant celle de H<sub>2</sub>O dans le liquide.

*Quel est le volume occupé par ces moles de CO<sub>2</sub> si elles sont libérées dans l'air ( $T_{air} = 20^\circ\text{C}$  et  $P_{air} = 1 \text{ atm}$  (le CO<sub>2</sub> sera considéré comme un gaz parfait et  $R = 8,32 \text{ SI}$ ).*

*Pourquoi apparaît-il beaucoup de bulle quand on ouvre la bouteille de limonade ?*

H en MPa	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
20°C	4047	8146	142

Constante de Henry en fonction à 20°C pour le dioxyde de carbone et, l'oxygène et l'azote, dissouts dans l'eau.  $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$

**Réponses**

1°) Loi de Henry :  $P_i = H_i x_i$ ,  $P_i$  est la pression partielle dans la phase gaz du composé  $i$ ,  $x_i$  est concentration molaire dans la phase liquide.

2°)  $P_{O_2}V = n_{O_2}RT$  et  $P_{Tot}V = n_{Tot}RT \implies P_{O_2} = 0,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Dans l'eau liquide  $x_{O_2} = P_{O_2}/H_{O_2}$ ,  $x_{O_2} = 5,19 \cdot 10^{-6} = 5,19 \text{ ppm}$

Calcul de la masse de O<sub>2</sub> dissoute dans l'eau

$$n_{O_2} = m_{O_2}/M_{O_2} \text{ et } n_{Tot} = m_{Tot}/M_{Mél} \approx m_{Tot}/M_{H_2O}$$

$$x_{O_2} = n_{O_2}/n_{Tot} = m_{O_2}/m_{Tot} * M_{H_2O}/M_{O_2} \implies m_{O_2} = x_{O_2} m_{Tot} * M_{O_2}/M_{H_2O} = 9,2 \text{ mg}$$

avec  $m_{Tot} = 1 \text{ Kg}$

3°) dans le liquide :  $x_{CO_2} = P_{CO_2}/H_{CO_2} = 1,41 \cdot 10^{-3}$ , avec  $P_{CO_2} = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  et  $H_{CO_2} = 142 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Rq : la pression dans la bouteille est légèrement supérieure à 2 atm, car  $P_{tot} = P_{CO_2} + P_{vap,H_2O}(20^\circ\text{C})$

Nombre de moles de CO<sub>2</sub> :  $n_{CO_2} = n_{Tot} \cdot 1,408 \cdot 10^{-3}$

$$n_{Tot} = m_{Tot}/M_{H_2O}, \text{ même approximation que précédemment}$$

$$n_{CO_2} = 0,0782 \text{ moles}$$

$$PV_{CO_2} = n_{CO_2}RT \implies V_{CO_2} = 1,9 \text{ litres avec } P = 10^5 \text{ Pa}$$

A  $P = 2 \text{ atm}$ , la dissolution de CO<sub>2</sub> est plus grande qu'à 1 atm. Donc à l'ouverture de la bouteille, le CO<sub>2</sub> se libère pour retourner à l'équilibre.